Jaargang 1958 NA 24

Schakels



DE NEDERLANDSE ANTILLEN:

De A-B-C-eilanden geologisch bekeken

UITGAVE VAN HET MINISTERIE VAN ZAKEN OVERZEE - PLEIN 1 - 'S-GRAVENHAGE

INHOUD

Foto omslag:
Playa Lechi, aan de lij-zijde van Bonaire. Foto: WOSUNA
Rechts op de achtergrond de hoofdstad Kralendijk.
Het oorspronkelijke strand uit losse koraalfragmenten is
hier tot een hard kalksteenpakket aaneengekit.

Ten geleide

Het was in het jaar 1930, dat een groep studenten in Curaçao aan wal stapte om onder leiding van hun onvergetelijke leermeester, professor L. M. R. Rutten, geologische onderzoekingen te doen op de drie Benedenwindse Eilanden.

Een geheel nieuwe wereld ging voor hen open. Er gaat van deze eilanden een grote bekoring uit en van de deelnemers aan deze tocht hebben de meesten voorgoed hun hart aan dit gebied verloren.

Zes-en-twintig jaar later vertrok de Heer de Buisonjé om nieuwe geologische onderzoekingen te verrichten, tesamen met Dr. J. I. S. Zonneveld en ondergetekende.

Hoe ook hij in deze bekoring gevangen is, merkt men uit de hier bijeengebrachte causerieën over de geologie van de eilanden.

Moge U blijken hoe boeiend zij ook in geologisch opzicht zijn!

Prof. Dr. H. J. MAC GILLAVRY
Hoogleraar stratigraphie en palaeontologie
Gem. Universiteit van Amsterdam

Algemene inleiding

Dat de drie Benedenwindse Eilanden: Aruba, Curaçao en Bonaire een knooppunt zijn voor het handelsverkeer met de Caraïbische omgeving, zal U bekend zijn. Minder algemeen bekend is, dat de belangrijkheid van deze eilanden eigenlijk bestaat uit hun natuurlijke, geologische gesteldheid.

De Benedenwindse Eilanden hebben namelijk prachtige, natuurlijke havens, terwijl het vaste-land in de omgeving in het algemeen geen uitgesproken mooie havens heeft.

Voordat we nu Aruba, Curaçao en Bonaire, elk apart door een geologische bril gaan bekijken, eerst enkele oriënterende opmerkingen.

De Eilanden liggen tussen 12° en 13° N.Br., en tussen 68° en 70° W.L., dus in de tropische gordel, en wel vrij dicht ten Noorden van het vasteland van Venezuela. Bij gunstig weer is zelfs de steile kust van Zuid-Amerika vanaf Curaçao te zien. Opvallend is het, dat de Eilanden liggen op een ongeveer Oost-West verlopende lijn, terwijl de lange as van elk der eilanden steeds ongeveer dezelfde hoek van 45° met deze verbindingslijn maakt.

Aan de Noord-Oost-zijde van deze eilanden staat steeds een zware branding, ook al tengevolge van de heersende oostelijke passaatwind. De Zuid-West-zijde van de Eilanden is daarentegen steeds de lij-zijde, en hier vinden we een veel zwakkere branding. Wilt U dus veilig gaan zwemmen in het heerlijk warme water, dan moet U dus aan deze kant van de Eilanden zijn! Het is ook aan deze zijde, dat de belangrijke havens zijn gelegen. De gevaarlijke Noord-Oost-kusten worden door de scheepvaart steeds angstvallig gemeden.

Vanwege de Ned. Antilliaanse Regering, en met medewerking van de Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Suriname en de Nederlandse Antillen is in 1956 een geologisch onderzoek op de Benedenwindse Eilanden uitgevoerd. Toch bestonden er al verschillende uitvoerige publikaties over de geologie van deze Eilanden, en U zult zich dus afvragen: Wat is dan het nut van een nieuw onderzoek, als er al zoveel bekend is.

Het antwoord hierop is, dat de geologie een relatief jonge wetenschap is, en dat de daarbij toegepaste onderzoekingsmethoden zich snel hebben ontwikkeld, zodat na verloop van enige tijd een nieuw onderzoek soms zeker gerechtvaardigd is. Daarbij komt, dat in de oudere publikaties hoofdzakelijk de oudere formaties werden behandeld, terwijl er aan de geologisch jonge rifkalksteen, die opgeheven boven zee op de Eilanden voorkomt, vrij weinig aandacht werd besteed. Bovendien bleek over de ontwikkelingsgeschiedenis van deze kalksteen bij de verschillende onderzoekers geen eenstemmigheid te heersen.

Om dus nieuwe gegevens over deze rifkalksteen te verkrijgen werd in 1956 een nieuw onderzoek gedaan, waarbij tevens getracht werd een oplossing voor de tegenstrijdige meningen te vinden. Dit onderzoek betrof dan zowel Aruba als Curaçao en Bonaire, omdat deze drie Eilanden ook geologisch verwant zijn, speciaal wat de jonge rifkalken betreft. Ook uit een ander oogpunt zijn onze Eilanden geologisch zeer interessant: ze liggen namelijk in een tektonisch onrustig gebied, dat wil zeggen in een gedeelte van de aardkorst, waar belangrijke bewegingen kortgeleden hebben plaats gevonden, en zelfs nu nog plaats vinden.

Een dergelijke geweldige gebergtevormende beweging heeft bijv. de Andes, de Rocky Mountains, het steile Venezolaanse kustgebergte en de Antillen-bogen doen ontstaan. Het is dezelfde beweging, die de sterke plooiing en opheffing van de oudere formaties op de A-B-C-Eilanden heeft veroorzaakt, en verantwoordelijk moet worden gesteld voor het ontstaan van de hoogste toppen op Curaçao, Aruba en Bonaire.

Hoewel de Eilanden bij deze geweldige beweging, die zo'n slordige 60 miljoen jaar geleden plaats vond, boven zee verrezen, verdwenen ze na deze eerste opkomst nog verschillende keren geheel of bijna geheel onder water. Toch kunnen we deze eerste verschijning boven de zeespiegel opvatten als de geboorte van de Eilanden zoals we ze nu, zij het in sterk gewijzigde vorm, kennen.

Tijdens de laatste onderdompeling van de Eilanden werden koraalkalken over de oudere, geplooide formaties héén afgezet. Door opheffing kwamen deze riffen boven water. En juist deze rifkalken zijn in de geologie tegenwoordig van groot belang geworden. Men tracht dan ook zoveel mogelijk gegevens te verzamelen over de huidige riffen. Maar U weet, hoe gevaarlijk een levend koraalrif voor de scheepvaart is: het groeit onder de zeespiegel, soms tot iets boven het laagwater-peil.

Om dus nu een levend rif te bestuderen en gegevens te verzamelen over de afbraakproducten van zo'n rif en de kalksteen die daaruit ontstaat, zouden we onder-zee moeten gaan werken, wat natuurlijk op allerlei bezwaren stuit.

Waar kunnen we ze nu dus beter bestuderen dan op de Benedenwindse Eilanden, waar deze rifkalken boven zee opgeheven voorkomen, en voor een geoloog gemakkelijk toegankelijk zijn? Zoals U merkt, is dus de ligging van de A-B-C-Eilanden zodanig, en komen er dusdanige interessante geologische bijzonderheden voor, dat een geoloog hiervoor letterlijk en figuurlijk zal warm lopen!

Ook op landschappelijk gebied vinden we op de Benedenwindse Eilanden zeer veel fraais verenigd, de enkele bijgaande foto's mogen hiervan getuigen. Maar hoe bekijkt nu een geoloog deze Eilanden?

Hiertoe dienen we eerst het begrip, dat een geoloog iemand is, die met een hamer op de rotsen slaat, en de afgebroken splinters met een loupe bekijkt, wat uit te breiden. Zeker, een geoloog zal nooit zonder deze nuttige instrumenten op stap gaan, maar er zit nog meer aan vast.

Hij zal bijv. ook altijd een kompas bij zich hebben, niet zo zeer om de weg te kunnen vinden, (daarvoor heeft hij kaarten bij zich) maar om bepaalde gesteente-lagen op de kaart te kunnen vastleggen. Ook is dit kompas nodig, om georiënteerde gesteentemonsters te kunnen nemen. Het is namelijk soms mogelijk, om thuis, op het laboratorium in het gesteente een algemene stromings-richting te bepalen. En als we dan nog weten, hoe het gesteente in het terrein precies aanwezig was, dan weten we dus, dat toendertijd, op die bepaalde plaats, een stroom uit een bepaalde richting heerste.

Verder zijn natuurlijk een rugzak, etiketten en een nummerboek onmisbaar. De verzamelde gesteenten worden immers later op het laboratorium verder onderzocht. Ook een foto-toestel behoort tot de uitrusting, soms zelfs twee toestellen, namelijk voor kleuren- en zwart-wit fotografie.

Er is echter nog een zéér belangrijk hulpmiddel, waarover de geoloog van enige tientallen jaren terug nog niet de beschikking had, nl. de lucht-foto. Deze foto's worden met een speciale camera uit een vliegtuig opgenomen, en wel zodanig, dat elk punt in het terrein op minstens twee foto's voorkomt. Hierdoor is het mogelijk elk punt van het gefotografeerde gebied stereoscopisch te bekijken. Men ziet dan "diepte" in de foto's, en kan dus al van te voren bekijken of bepaalde gesteente-pakketten scheef staan, hoe dik of ze zijn, welke kant de lagen ophellen, of ze geplooid zijn, etc.

Bovendien geven deze verticaal genomen foto's soms een veel beter overzicht over het terrein, omdat de geoloog in het veld vaak in zijn uitzicht gehinderd wordt door heuveltjes en begroeiing. Aan de andere kant geeft deze begroeiing op de luchtfoto soms juist een verheldering van het geologisch inzicht. Immers geringe verschillen in de begroeiing van twee geologisch verschillende formaties, komen soms op de luchtfoto beter tot hun recht dan in het terrein.

Maar een luchtfoto blijft natuurlijk voor de veld-geoloog slechts een hulpmiddel: hij zal steeds in het terrein moeten onderzoeken, welk gesteente er nu eigenlijk op een bepaalde plaats aanwezig is en hoe de verhoudingen in detail zich voordoen.

Toch is het nuttig, om er eens op te wijzen hoeveel moois of men op geologisch gebied kan zien uit een normaal passagiersvliegtuig. Zo is het eerste wat bijv. opvalt als we Curaçao per vliegtuig naderen, de vorm van de binnenbaaien, zoals Schottegat, St. Jorisbaai, Sta. Marthabaai etc. Al deze binnenbaaien liggen binnen de eigenlijke kustlijn en zijn door een nauwe ingang met de open zee verbonden. Als tweede bijzonderheid valt op de trapsgewijze ligging van de horizontale terrassen aan de Noord-Oostzijde der Eilanden. Zowel het vliegveld van Curaçao als van Aruba en Bonaire zijn op de laagste trede van deze terrassen-trap aangelegd.

Iets, wat ook bijzonder goed tot uiting komt is de prachtige rifgroei langs de kusten der Eilanden. Uit het vliegtuig zien we de fraaie kleurschakeringen van donkergroene plekken, waar de koraalkolonies groeien, afstekend tegen een lichtgroene omgeving, waar de bodem uit los kalkzand bestaat, en dit alles verlopend naar een diepblauw, naarmate de zeediepte groter wordt.

Het zijn juist deze nietige koraaldiertjes, die door hun vermogen om kalk uit het zeewater neer te slaan, hebben meegewerkt aan de groei van de Benedenwindse Eilanden tot hun huidige vorm.

Naderen we de Eilanden per boot, dan is onze eerste indruk een geheel andere. We varen een tijdlang langs een kuststrook, meestal bestaande uit een wal van door de branding opgeworpen, fel-wit uitgebleekte, koraalskeletten, met op verschillende plaatsen vrij hoge kalksteen-bergen direct daarachter.

Varen we dan bijv. de haven van Curaçao, nl. het Schottegat, via het nauwe ingangskanaal binnen, dan zien we dat deze kalksteenbergen bestaan uit naar zee toe aflopende kalksteen-lagen, en dat deze bergen hoofdzakelijk aan de rand van het eiland liggen. Het binnenland bestaat uit een veel lager liggend, golvend heuvellandschap, zodat de vergelijking van Oost-Curaçao met een holle kies, zoals een andere geoloog die maakte, hier wel zeer sprekend is.

Als we ons nu afvragen hoe de algemene geologische bouw van de A-B-C-Eilanden in elkaar zit, en hoe de huidige vorm is ontstaan, dan dienen we de geologische geschiedenis, zij het in het kort, de revue te laten passeren.

De oudste gesteenten van de drie Benedenwindse Eilanden zijn hoofdzakelijk van vulkanische oorsprong, namelijk lava's en tuffen, die gedeeltelijk onder zee werden afgezet. Na de afzetting van deze vulkanische materialen werden ook nog wat grinden, zanden, kalk- en kiezelgesteenten over de voorgaande heengelegd.

Dit gehele gesteente-pakket nu werd intensief geplooid, waarbij bovendien nog

gloeiend-beweeglijk gesteente, z.g. magma vanuit de diepte in dit geplooide pakket binnendrong.

Hiermede begon dan pas eigenlijk de geschiedenis van deze gebieden als eilanden; het bleek immers, dat tijdens deze plooiing ook een sterke opheffing plaats vond. Na de opheffing begon onmiddellijk de afbraak van de boven zee verrezen gedeelten, en daar Aruba niet alleen het sterkst geplooid, maar tevens het sterkst opgeheven werd, heeft de afbraak daar ook het krachtigst gewerkt. Zo komt het, dat we juist op Aruba veel van deze, diep in de aardkorst gestolde magmatische producten vinden.

Zoals bekend is onze aardkorst echter allerminst een stevig en onveranderlijk geheel, en na de afbraak-periode kwamen de eilanden opnieuw nog tweemaal onder zee te liggen. Nu fungeert de zee eigenlijk als verzamel-bekken voor de afbraak-producten, die elders op het land worden losgemaakt. Zo werden tijdens de onderdompelings-perioden weer nieuwe gesteenten als kalken, kleien, mergels en zanden over de oudere afgezet. En vooral de afzettingsgesteenten uit de laatste onderdompelingsperiode zijn voor ons van groot belang.

De laatste onderdompeling vond plaats in het ijstijdperk, ongeveer 1 miljoen jaar geleden, toen bijv. grote gedeelten van Europa en o.a. een belangrijk deel van ons land onder een dikke kap van landijs bedekt was.

Terwijl dus hier in Nederland toen een echt onprettig klimaat heerste, was daarentegen de zee, die onze Benedenwindse Eilanden toen grotendeels bedekte, heerlijk warm, zodat uitgebreide rifgroei op de ondiepten en langs de eilandjes mogelijk was.

Er volgde nu een schoksgewijze opheffing van de eilanden (of daling van de zeespiegel, misschien wel beide!) en de rifgroei bleef tijdens de beweging gewoon doorgaan. Deze schoksgewijze daling van de zeespiegel ten opzichte van het land, deed bij elke stilstand een min of meer horizontaal terras ontstaan. Er is hierbij zelfs een periode geweest, waarbij de zeespiegel relatief nog ongeveer 20 m. lager stond dan nu het geval is.

Ondertussen was natuurlijk de afbraak al weer begonnen, waarbij de hoogste delen van de kalk-kap het eerste als slachtoffer vielen. Daardoor kwamen de onder de kalk liggende, hoofdzakelijk vulkanische gesteenten, bloot te liggen.

Deze vulkanische producten boden veel minder weerstand tegen de afbraak, en op vele plaatsen werd juist in deze gesteenten een wijdvertakt dalstelsel ingesneden. De beekjes die dit dalstelsel vormden konden echter meestal slechts op één plek de harde kalksteen-rand van de eilanden doorbreken. Deze randen waren immers pas net boven water gekomen.

Na deze periode van lage zeespiegel-stand steeg het peil weer ongeveer 20 meter, en verdronken de in het binnenland gevormde dalstelsels.

Op deze wijze ontstonden de vertakte binnen-baaien, door een nauwe opening in de kalksteenrand met de open zee verbonden.

Het zijn deze ondergelopen dalen, die nu de natuurlijke havens zijn geworden, en die nu de economische welvaart voor de A-B-C-Eilanden hebben mogelijk gemaakt.

15-5-'57

Curaçao

Is Curaçao op een soort paddestoelrots gebouwd, en lopen we het risico, dat de smalle onderzeese steel afbreekt, als alle bewoners op één plek aan de rand van het eiland gaan staan? Deze vraag, werd ons als geoloog herhaaldelijk gesteld, en we kunnen iedereen direct geruststellen: Curaçao rust niet op een smalle steel, maar op een stevig voetstuk, dat met toenemende zeediepte steeds breder wordt.

Toch is de vraag niet volkomen absurd, en om dit duidelijk te maken moeten we een kort overzicht van de geologische geschiedenis en de bouw van het eiland geven.

Curaçao, als geheel bezien, heeft de vorm van een halter, of, zo U wilt van het cijfer 8, d.w.z. een langgerekte vorm, met in het midden een smal gedeelte. De lange as van het eiland valt ongeveer in de Noordwest-Zuidoost-richting, en de heersende, vrij krachtige, Oostpassaat veroorzaakt dus aan de gehele Noordoostzijde van het eiland een zware branding.

Aan de Zuidwestzijde vinden we een veel zwakkere branding; hier is het dus mogelijk om heerlijk te zwemmen aan baaien en stranden.

De plantengroei is door de onregelmatige regenval vrij schraal en bestaat hoofdzakelijk uit cactussen en doornstruiken. Per jaar valt er weliswaar zo'n 60 cm. regen, doch deze regenval is verdeeld over enkele zeldzame, korte en zware buien. Bovendien zijn de meeste gesteenten op Curaçao niet in staat om dit regenwater vast te houden, zodat een groot gedeelte van het zo kostbare zoetwater direct naar zee afvloeit.

Nu is de toestand van de aardkorst echter absoluut niet altijd zo geweest, onze aarde bestaat allerminst uit dood en onveranderlijk gesteente. Zo hebben vulkanisme, plooiing, breukvorming en opheffing, afbraak van boven zee gekomen gedeelten en gelijktijdige afzetting onder zee van de afbraakproducten en groei van koraalriffen allen hun rol gespeeld bij het ontstaan van Curaçao.

Nu moet men zich een dergelijke plooiing, opheffing of onderdompeling niet als een catastrofale gebeurtenis voorstellen.

Bijna steeds zijn dit verschijnselen, die zich zeer langzaam voltrekken en binnen een mensenleven niet eens te constateren zijn.

De oudste gesteenten van Curaçao bestaan uit vulkanische producten. Het zijn lava's en tuffen, welke grotendeels onderzees zijn afgezet. Deze lava's en tuffen werden destijds, zo'n slordige 70 miljoen jaar geleden, afgezet door vulkanen die toen aanwezig waren in de omgeving van dat deel der aardkorst, wat we nu Curaçao noemen! Practisch de gehele kern van het grote Zuidoostelijke deel van Curaçao wordt door deze lava's en tuffen in beslag genomen.

Bijna iedereen op het eiland kent deze gesteenten onder de verzamelnaam: diabaas. De verwerings-producten van deze diabaas vormen namelijk het enige natuurlijke zoetwaterreservoir.

Willemstad, de hoofdstad, heeft hoofdzakelijk gedestilleerd zeewater als leidingwater. De meer afgelegen landhuizen en plantages trachten in hun zoetwaterbehoefte te voorzien door het regenwater uit het diabaasgruis op te pompen. Op vele plaatsen laat men daarom de door de passaatwind aangedreven molentjes dag en nacht draaien.

Door de snelle verwering heeft het diabaas-landschap in het algemeen een geringe hoogte boven zee niveau en vormt een zacht golvend heuvellandschap.

In scherpe tegenstelling hiermede staan de geologisch slechts iets jongere formaties in Noordwest-Curaçao, bijv. in de omgeving van plantage Knip. Deze formaties bevatten namelijk veel kiezel, een mineraal, dat veel beter bestand is tegen de afbraak dan de diabaas.

Alle hoge toppen, zoals die van de hoogste berg op Curaçao, de 372 m. hoge Christoffel bijv., bestaan uit deze kiezel-gesteenten.

Door een zwakke plooiing kwam nu een gedeelte van deze in zee gevormde gesteenten boven water, en langs de kusten van deze kleine eilandjes konden zich riffen ontwikkelen. Dit waren echter riffen, die sterk afweken van de riffen die nu liggen rondom het eiland: ze werden niet gevormd door koralen, maar door vreemde schelpen, waarvan één der kleppen tot een lange beker kon uitgroeien, terwijl de andere klep een soort deksel vormde.

Deze eilandjes hadden maar een kort leven: het gehele gebied daalde, en een meer dan duizend meter dik pakket van afbraakmaterialen als grind, zand en klei werd over de voorgaande formaties afgezet. Van dit dikke pakket kunnen we in Midden-Curaçao, dus in het smalle deel van het eiland de resten terugvinden.

Het opvallende van deze grinden, zanden en kleien is echter, dat ze veel materiaal bevatten, dat niet van Curaçao zelf afkomstig is. Destijds moet een groot landgebied in de omgeving van ons huidige Curaçao gelegen hebben, waarvan nu niets meer is terug te vinden!

Nu komen we aan een belangrijk gebeuren in de geschiedenis van het "eiland": de voorgaande formaties werden onderworpen aan een geweldige, gebergte-vormende beweging, waarbij alle voorgaande formaties als lava's, tuffen, kiezelgesteenten, zanden en kleien niet alleen geplooid werden, doch tevens tot boven de zeespiegel opgeheven werden.

Bij deze geboorte van Curaçao drong bovendien nog z.g. magma, gloeiend beweeglijk gesteente, in breuken en spleten van het geplooide pakket omhoog vanuit de diepte. Tot deze binnengedrongen gesteenten behoren ook enkele koper-erts houdende gangen. Helaas is de hoeveelheid kopererts veel te klein om aan exploitatie te denken. Iemand maakte zelfs de spottende opmerking, dat de koper-ader al was uitgeput toen een geoloog een stukje meenam voor het museum!

Voor ons mensen is van veel groter belang, dat met deze plooiing en opheffing de grondslag werd gelegd voor het huidige Curaçao. Vooral Noordwest- en Zuidoost-Curaçao werden hoog opgeplooid, het smalle middelste gedeelte bleef iets achter bij de plooiing.

De boven zee gekomen gedeelten bleven echter niet rustig liggen: de afbraak begon onmiddellijk zijn vernietigend werk, waarbij de oudste formaties, namelijk de diabaas, in Noordwest- en Zuidoost-Curaçao bloot kwam te liggen.

Maar hiermee is de geschiedenis nog lang niet afgelopen! Het zal de lezer misschien een beetje gaan duizelen, maar Curaçao verdween na deze eerste opkomst nog tweemaal geheel of bijna geheel onder zee!

Vooral de tweede van deze onderdompelingen is voor ons van groot belang. Ten tijde van deze tweede onderdompeling, geologisch nog maar kort geleden, (ong. 1 miljoen jaar terug!) toen hoogstens een klein puntje van Curaçao, in de omgeving van de Christoffel, boven water stak, waren namelijk klimaat en omgeving uitermate gunstig voor de groei van koralen en wieren.

Er waren geen grote rivieren in de buurt aanwezig, het zeewater was dus helder, de temperatuur werkte mee en zo konden zich koraalriffen ontwikkelen.

Laten we nu eens zo'n koraal wat nauwkeuriger bekijken. Misschien heeft U wel ergens een stukje koraal op een boekenkast



Opgeheven koraalrif. Groeve Steenrijk op Curaçao. Deze nietige, kolonie-vormende, organismen hebben voor de opbouw van een groot deel van het eiland gezorgd.

Foto: WOSUNA

of zo liggen. U kunt dan zien, hoe zo'n koraal niet uit één organisme bestaat, maar dat het is opgebouwd uit een grote verzameling, een kolonie, van kleine aparte individuen. Eén zo'n grote kolonie heeft zich ontwikkeld uit één enkele oorspronkelijk vrij-zwemmende larve van enkele millimeters grootte.

Een dergelijke larve komt nu na een dag of tien vrij te hebben rondgezwommen op

de zeebodem terecht. Komt hij nu gunstig te liggen, d.w.z. op een plaats waar hij voortdurend zonlicht kan blijven ontvangen, dan kan de larve uitgroeien tot een grote kolonie.

Iedereen, die langs de kust van Curaçao met een duikbril heeft gezwommen, kent de stille en wondervolle pracht van de onderzeese "tuinen" van koraalkolonies. Maar een geoloog nu bekijkt een koraalkolonie niet alleen uit schoonheidsoogpunt, doch ziet zo'n kolonie ook als een soort chemische fabriek.

Immers elk koraal-diertje bezit de capaciteit, om de kalk die in het zeewater in opgeloste toestand aanwezig is, neer te slaan en er een kalkskelet van op te bouwen.

Ook sommige wieren vormen een dergelijk kalkfabriekje, en spelen een belangrijke rol bij het vasthouden en aaneenkitten van afgebroken en door de branding fijngemalen, dode koraalkolonies.

Toen nu Curaçao, tijdens de laatste onderdompeling, als eiland nog maar voor een klein stukje boven water stak, konden riffen een krans om dit eilandje gaan vormen. Waar het water te diep was om zonlicht te laten doordringen kwamen hoogstens afgebroken stukken koraal terecht.

Het oorspronkelijk vrij kleine eilandje begon zich te verheffen, misschien ook daalde de zeespiegel, wat hetzelfde effect geeft. En hierbij kwamen diepere delen binnen het bereik van de koraalgroei te liggen. Op deze wijze kwam dus over het gehele eiland een kalkkap te liggen.

Het boven zee komen van het eiland ging echter niet met een langzame en gelijkmatige snelheid: er waren ook perioden van langdurige stilstand.

Elke stilstands-periode is gekenmerkt door een horizontale uitbreiding van de rif-kalk, en daarom zien we op verschillende hoogte, speciaal aan de Noordoostzijde van Curaçao, zulke mooie, practisch horizontale terrassen.

Hoewel dus onderzee aangroei van de kalk plaats vond, begon op de boven zee verrezen kalk direct de afbrekende invloed van het klimaat te werken.

Eerst werd weliswaar de kalk iets hechter aaneengesmeed door oplossing, infiltratie en verdamping, maar tenslotte vielen op het land toch grote stukken van de kalkkap, en vooral de hoogste delen, als slachtoffer van de afbraak.

Op de plekken nu, waar de kalk verdwenen was, kwamen de veel minder weerstand biedende, oudere formaties aan de dag.

Ondertussen ging de opheffing van het eiland voort, er is zelfs een periode geweest, dat Curaçao ongeveer 20 meter hoger boven zee stak dan nu het geval is. Het centrum van Noordwest- en Zuidoost-Curaçao waren toen al grotendeels van hun kalkkap ontdaan en beekjes voerden het afbraakmateriaal van de blootgekomen oudere formaties in een veel sneller tempo weg, dan die van de overgebleven kalksteen-randen.

Hierdoor kregen deze beekjes (of beter rooien genoemd, daar ze alleen bij zware regen water bevatten) een eigenaardig patroon: namelijk een wijdvertakt stelsel in het lage binnenland, terwijl ze maar op één enkele plaats kans zagen de harde en hoge kalksteenrand te doorbreken.

Na deze zeer lage zeespiegelstand vond er een omkeer van de beweging plaats: de zeespiegel steeg en wel tot ongeveer 6 meter boven het huidige niveau.

De vroegere beekstelsels verdronken als het ware, en de zee drong via het nauwe afwateringskanaal door de kalkrand heen het dalstelsel in het binnenland binnen. De beekjes hoefden nu niet meer het afbraakmateriaal naar de open zee te vervoeren doch konden hun puin-last direct in het door verdrinking ontstane binnenwater deponeren.

Tegelijkertijd ontwikkelde zich langs de kust van het eiland, en zelfs langs enkele plekken van de binnenwateren, een nieuw rif-plat.

Een feit, dat in de algemene inleiding



Het vlakke kalksteen-laagterras bij het dorpje Lagoen op Curaçao. Rechts een inham van het laagterras, een z.g. "boca". Op de voorgrond een hellende kalksteenbank. De bergen links en op de achtergrond bestaan uit veel oudere formaties. *Foto:* WOSUNA

nog niet werd genoemd, is dat hierna de zeespiegel weer ongeveer 6 meter daalde, waardoor dit laatste rif-plat boven water kwam. Deze daling was echter niet voldoende om het gehele binnenwater droog te leggen.

Er bleef dus op verschillende plaatsen nog een uitgebreid binnenwater over, met hier en daar een natuurlijke kademuur van rifkalksteen, en via een nauwe ingang met de open zee verbonden.

Een mooiere natuurlijke haven laat zich niet denken, vandaar dat al eeuwen her op Curaçao, in de omgeving van het Schottegat, een levendig handelsverkeer plaats vindt. De nietige koraaldiertjes hebben zelfs een actieve rol gespeeld bij de verdediging van Curaçao tegen vreemde mogendheden, die in geschiedkundige tijd het eiland trachtten te veroveren!

Op een kilometers-lang, practisch geheel onder water liggend rif, direct ten Oosten van Bonaire, n.l. de Aves-Eilanden, is aan het eind van de 17de eeuw een voor die tijd geweldige oorlogsvloot met man en muis vergaan, die door Lodewijk XIV was uitgezonden om Curaçao te veroveren.

Op het laatst boven zee gekomen z.g. laagterras, aan de Noordzijde van Curaçao, kon een prachtig vliegveld worden aange-



De natuurlijke rijkdom van Curaçao: Het verdronken dalsysteem van het Schottegat, een bij uitstek gunstige haven, waaraan een van de grootste olie-industriën ter wereld gevestigd is. *Foto: WOSUNA*

legd, waardoor het eiland tegenwoordig ook via de lucht met de overige wereld in verbinding staat.

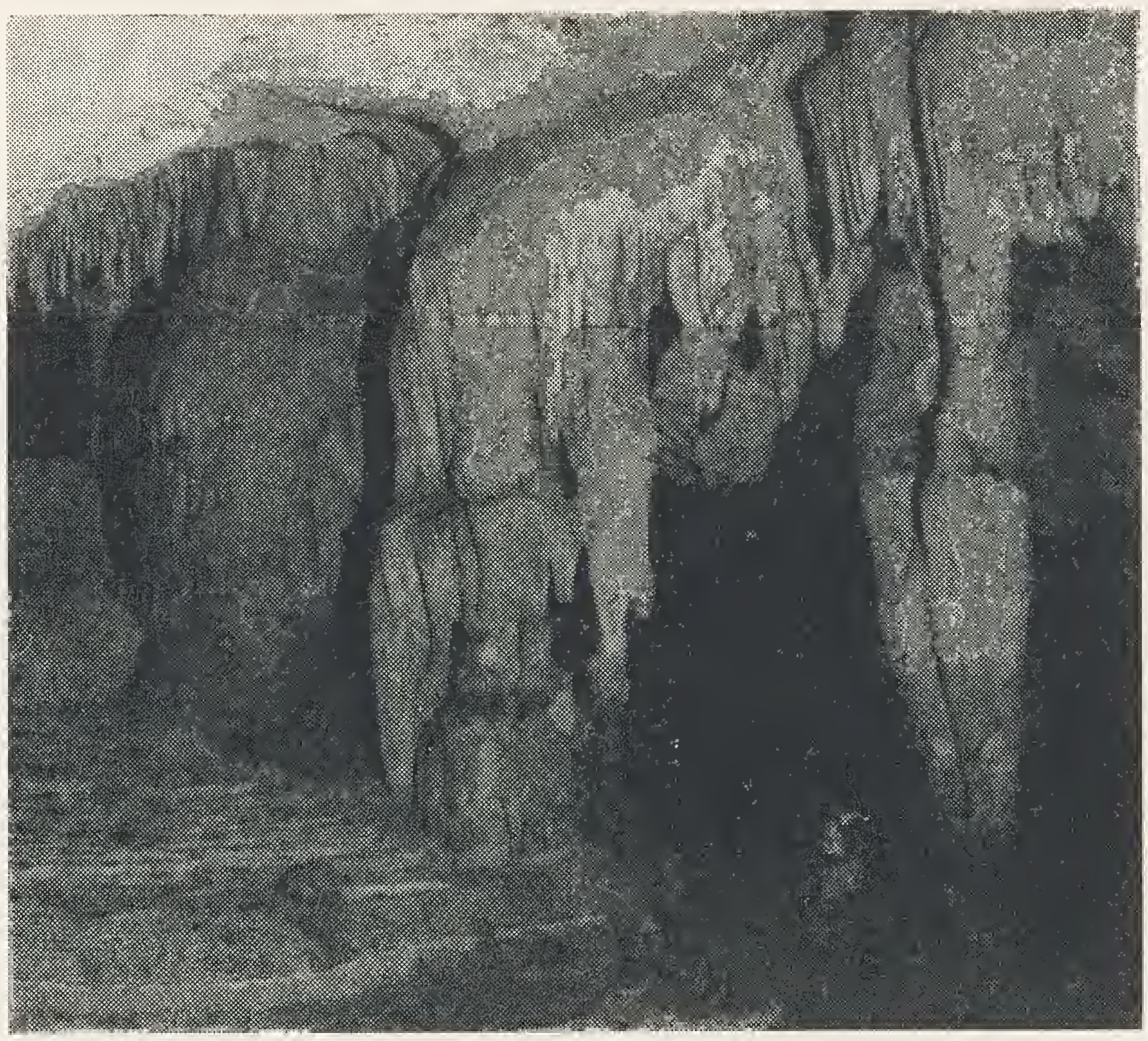
Dit laagterras van het vliegveld, dat practisch rondom het gehele eiland aanwezig is, heeft nu op vele plaatsen een vertikale klifrand, waar de krachtige branding een enkele meters diepe, horizontaal onder de kalk doorlopende, oplossingsnis in heeft uitgehold.

Soms loopt deze nis zelfs enkele tientallen meters onder het laagterras door, vandaar waarschijnlijk de indruk, dat geheel Curaçao op een smalle steel zou rusten!

Dit is echter zeker niet het geval, en bovendien zou men indien men de nis verder zou doordenken, stuiten op de kern van oudere gesteenten, waar de kalk als een soort grote koepel over heen ligt. En deze oudere gesteenten kunnen door hun andere samenstelling nooit een dergelijke nis verkrijgen.

Dat Curaçao vroeger dieper onder de zeespiegel heeft gelegen, is heel duidelijk te zien aan de opgeheven klifkusten. Wie per vliegtuig landt op de Dr. Albert Plesman-luchthaven bij Hato, ziet rechts duidelijk twee van dergelijke opgeheven terrassen met hun klifkusten.

Ook in deze opgeheven klifranden zijn



"Cueba di Raton di Noche", de vleermuizen-grot in de omgeving van Hato, Curaçao. Kalkafzetting uit doorsijpelend regenwater heeft van deze oplossingsholte een prachtige druipsteengrot gemaakt.
Foto: WOSUNA

hier en daar de oude brandingsnissen bewaard gebleven en juist aan het plafond van deze oude nissen hebben de oorspronkelijke bewoners van Curaçao, n.l. de Indianen, hun rotstekeningen aangebracht, en aan de voet van de nissen kunnen we resten van het primitieve Indiaanse vaatwerk vinden.

Zeker vermeldenswaard zijn ook de geheimzinnige, grillige druipsteengrotten, waarin vaak duizenden vleermuizen leven, en die hun ingang ook in deze opgeheven klifranden hebben.

Aan de lijzijde van het eiland zijn de terrassen veel minder frappant ontwikkeld, en vallen meer de naar zee toe aflopende kalksteenbergen op.

De ingang van het Schottegat, de Annabaai, snijdt door een dergelijke zeewaarts aflopende kalkberg heen; Fort Nassau en het Zendstation zijn op de top van een zeewaarts hellende kalkberg gebouwd.

Op een der vele andere hellende kalksteenbergen aan de Zuidwest-rand van Curaçao, n.l. op de Tafelberg Santa Barbara, moeten destijds, na het boven water komen, vele dieren geleefd hebben. Men vindt daar namelijk rijke fosfaat-afzettingen als gevolg van de reactie tussen de zure guano (mest) en de onderliggende kalksteen.

In een grote, open groeve wordt deze fosfaat ontgonnen. Hoewel ook op andere punten van Curaçao en tevens op de andere twee Benedenwindse Eilanden fosfaat-voorkomens bekend zijn, vormt de Tafelberg Santa Barbara momenteel de enige plek, waar rendabele exploitatie mogelijk is.

Dat op de andere tafelberg van Curaçao, die bij St. Hieronymus, geen fosfaat voorkomt, hoewel het hoogteverschil met de vorige berg niet groot is, vindt waarschijnlijk zijn verklaring hierin, dat deze vlakke kalkkap niet als zodanig boven zee is verrezen, maar pas later, door verkitting van een geweldig kalkzand-stuifduin is ontstaan.

Ook op andere plekken zijn dergelijke "fossiele" stuifduinen aangetoond, sommige zelfs van geologisch vrij jonge datum. Toch komen tegenwoordig geen duinen op Curaçao voor. Om recente duinen te vinden, die vergelijkbaar zijn met de "fossiele" duinen, moeten we ons naar het buur-eiland Aruba begeven.

Aruba

Het landschapsbeeld van Aruba, het westelijk buureiland van Curaçao, wordt helemaal beheerst door één enkele, kegelvormige berg, de z.g. Hooiberg. Deze 164 m. hoge top, een der hoogste van Aruba, staat eigenlijk een beetje eenzaam temidden van een vrij laag en vlak gebied.

Diegene, die per vliegtuig naar Aruba is gereisd, zal ook de verspreid liggende grote steenhopen zijn opgevallen, rondom de Hooiberg. Van dichtbij gezien doen deze blokkenhopen denken aan uiteengevallen hunnebedden.

Als U zich nu gaat afvragen: Hoe komen deze rotsblokken hier terecht, en waarom staat de Hooiberg als zo'n mooie kegel ertussenin, dan raakt U al direct in de geologische geschiedenis van het eiland geïnteresseerd.

Zoals we al gezien hebben bestaat de grondslag van het eiland Curaçao uit een sterk geplooide serie van oudere gesteenten, waarvan vulkanische producten, n.l. lava's en tuffen de oudste zijn.

Deze zelfde vulkanische gesteenten zijn ook op Aruba de oudste gesteenten die we kennen, met dit verschil t.o.v. Curaçao, dat ze sterk veranderd, vooral omgekristalliseerd, zijn door het tijdens de plooiïng binnengedrongen magma.

Dit gloeiend beweeglijk magma nu is oorspronkelijk diep in de aardkorst gestold, de plooiïng en opheffing was echter veel sterker dan bij Curaçao het geval was.

Bij de afbraak, die onmiddellijk op de opheffing boven zee volgde, verdween een groot deel van de omringende gesteenten, zodat op Aruba nu een groot deel van de oppervlakte door deze, oorspronkelijk kilometers diep al vastgeworden, stollingsgesteenten in beslag wordt genomen.

Een geoloog bekijkt in het algemeen nooit losse stenen, maar toch is het wel eens aardig om even stil te staan bij de muurtjes van losse natuursteen, zoals die overal voorkomen rondom perceeltjes grond bijvoorbeeld in de omgeving van Paradera, iets ten Noordoosten van Oranjestad.

Op Curaçao waren we gewend, dat dergelijke muurtjes uit kalk steenbrokken waren gebouwd, op Aruba daarentegen zijn ze gebouwd uit wat meer ronde, op graniet lijkende steenklompen.

Deze steenklompen bestaan uit dioriet, een aan graniet verwant gesteente. Deze deoriet vormt de hoofdschotel van de stollingsgesteenten op Aruba.

Door zijn vrij snelle verwering vormt de dioriet nu een vrij vlak landschap, waarin hier en daar afgeronde blokken liggen, die het wat langer hebben uitgehouden in de strijd tegen de afbraak. De grotere blokken liggen meestal in grote hopen bij elkaar in de buurt, zoals bijvoorbeeld bij Santa Cruz, waar het kerkje schuil gaat achter een stel huizenhoge diorietblokken.

Tot de stollingsgesteenten behoort ook het materiaal waaruit de Hooiberg bestaat. Het is van een andere samenstelling dan de dioriet, en was beter bestand tegen de afbraak. Hierdoor komt het dat de Hooiberg nu als een hoge top temidden van het vlakke dioriet landschap staat.

Toch is een zeker verband tussen de geologische ontwikkeling van Curaçao en Aruba aanwezig. Op Curaçao kwamen bijvoor-



Natuurlijke brug van kalksteen, door de branding gevormd. Noord-Oost zijde van Seroe Colorado, Aruba. *Foto:* WOSUNA

beeld enkele koperertsaders en enkele gangen van stollingsgesteenten voor, samenhangend met de plooiïng der oudere formaties.

Op Aruba komen in een dergelijk verband kwartsgangen voor, die, zij het in geringe hoeveelheid, goud bleken te bevatten. Sedert de ontdekking in 1824 werden nu en dan gedurende enige jaren deze goudsertsen ontgonnen. Exploitatie bleek steeds niet of nauwelijks lonend en zo kon het gebeuren, dat de bij de ontginning naar boven gebrachte brokken goudhoudend kwarts later voor andere doeleinden werden gebruikt.

Zo werd een grote hoeveelheid van deze kwarts voor wegaanleg gebruikt, en er zullen wel weinig landen ter wereld zijn, waar gouderts de grondslag van een asfaltweg is!

Evenals Curaçao, verdween Aruba na zijn eerste grote opkomst boven zee tengevolge van plooiïng en opheffing, nog tweemaal geheel of bijna geheel onder de zeespiegel.

Tijdens de tweede van deze onderdompelingen konden ook hier zich weer koraalriffen ontwikkelen, en ontstond een kalkkap over de oudere formaties heen, toen het eiland boven zee verrees.

Bij deze opheffing is er een periode geweest, waarin het eiland ongeveer 20 m. hoger boven zee stak, dan nu het geval is. Beekjes liepen toen naar zee toe, maar de lagere delen van deze beekjes liepen vol met zeewater, toen het eiland na deze hoge opheffing weer voor ongeveer 25 m. onder zee verdween.



Het diorietlandschap van Aruba. Muurtjes van losse stukken diorieт, opgeraapt tussen de grote, ronde blokken op de voorgrond. Rechts op de achtergrond de Hooiberg (164 m.)
Foto: WOSUNA

Als laatste fase van de onregelmatige opheffing rees het eiland een 5-tal meters, waardoor rondom een uit rifkalk bestaand laagterras bloot kwam.

Toch bleef een deel van de vroegere beekmondingen nog steeds gevuld met zeewater, en het Spaans Lagoen is hiervan wel het mooiste voorbeeld, met zijn ongeveer twee kilometer landinwaartslopende zeearm.

Er ontstonden echter niet zulke uitgestrekte binnenwateren als op Curaçao. De haven van Aruba dankt zijn ontstaan aan een ander verschijnsel.

Aruba, dat met zijn lengterichting ook weer Noordwest-Zuidoost is gelegen, heeft namelijk aan de lijzijde, dus aan de Zuidwest kant, een rifwal van meer dan tien kilometer lengte, die op een afstand van enkele honderden meters evenwijdig aan de eigenlijke kust verloopt.

Binnen deze rifwal, vinden we een langgerekte lagune, met zeer rustig water. Op twee plaatsen is door uitbaggeren deze lagune in een voor grote zeeschepen bevaarbare haven veranderd en de schepen meren dus aan het laagterras.

Vooral aan de Noordoost-zijde van Aruba, waar de branding door de oost-passaat met geweldige golven tegen de kust slaat, is op verschillende plaatsen het laagterras verdwenen, en komen de oudere formaties aan de dag.

Waar een klifkust uit kalksteen nog aanwezig is ligt ongeveer op de hoogte van de golven vaak een diepe oplossingsnis. Er zijn

plaatsen, waar deze oplossingsnis wel honderd meter onder het laagterras, dat zelf ongeveer 6 m. dik is, doorloopt.

Stort nu ergens een deel van het dak van de nis in, dan ontstaat een natuurlijke kalksteenbrug, waar men rustig met een vrachtauto overheen kan rijden.

Loopt achterin de oplossingsnis een gat door het kalkterras omhoog, dan perst elke aanrollende golf de lucht in de nis samen, die dan met een fluitend geluid ontsnapt. In sommige gevallen spuit er dan water achteraan, wat nu niet direct prettig is als men daarbij in de buurt foto's aan het maken is!

Ook hoger opgeheven terrassen met hun steile kliffen komen op verschillende plaatsen voor. Soms zijn de brandingsnissen in deze opgeheven klifkusten nog aanwezig, en genieten als grotten een vermaardheid.

Voor de Benedenwindse Eilanden zeer opvallend zijn de duinen van Aruba. Op enkele plekken, vooral in de omgeving van de uiterste Noordwest-punt van Aruba komen tot 15 m. hoge, zeer lang uitgerekte duinen voor.

Deze duinen zijn uit geheel ander zand opgebouwd, dan de Nederlandse duinen: ze bestaan op Aruba uit kalkzand, en danken hun ontstaan aan de rifgroei voor de kust samen met de zware branding.

Afgebroken koralen nl. worden in de branding geheel tot zand vermalen, en uit het zandstrand, dat hier de kust vormt, stuiven dan de duinen op, precies in de richting van de heersende passaatwind.

Van Curaçao en Bonaire kennen we ook dergelijke stuifduinen, niet meer in de vorm van los zand, maar als harde kalksteen. Kalkzand verkit namelijk zeer snel, en uit los kalkzand kan soms in enkele jaren al een harde kalkzandsteen ontstaan.

Voordat we Aruba verlaten, moeten we toch nog even vertellen, hoe dit slechts 175 km2 grote eiland in de geologische litteratuur een wereldnaam heeft veroverd. De structuur en de samenstelling van het gesteente van de Hooiberg was namelijk, bij de beschrijving daarvan, nog nergens ter wereld bekend. Daarom staat dit gesteente in de litteratuur als zogenaamd hooibergiet bekend!

12-6-'57

Bonaire

Een kwartier vliegen in oostelijke richting van Curaçao ligt het eiland Bonaire.

We passeren eerst een door prachtige riffen omgeven eilandje, Klein-Bonaire, om even later te landen op het slechts enkele meters boven zee liggende vliegveld, direct ten Zuiden van de hoofdstad Kralendijk.

Als u dan van het vliegtuig naar het keurige ontvangst- en vertrekhalletje gaat, maakt u al direct kennis met enkele van de belangrijkste bouwstenen van het eiland.

In een perk, voor het gebouwtje, liggen namelijk een aantal prachtige koralen te schitteren in de zon.

De naam Kralendijk, of zoals vroeger gezegd werd Koralen-dijk, vestigt de aandacht op de belangrijkheid van de koralen voor de groei van dit deel van het eiland. Kralendijk is namelijk gebouwd op een strandwal van dode koraalkolonies.

Ook op Bonaire zijn de oudste gesteenten weer in hoofdzaak van vulkanische oorsprong. Het zijn onderzees afgezette lava's en tuffen, afgewisseld met enkele kiezelgesteenten en kalkbanken.

De geboorte van het eiland vond plaats toen deze gesteenten werden geplooid en opgeheven. Na deze eerste opkomst verdween Bonaire nog enkele malen onder de zeespiegel. Tijdens de verschillende perioden van onderdompeling werden nieuwe gesteenten, over de oudere heen, afgezet. Toch konden de oudere gesteenten in het algemeen de afbraak beter weerstaan dan de jongere gesteenten, waardoor ze nu nog steeds de hoogste toppen van Bonaire vormen.

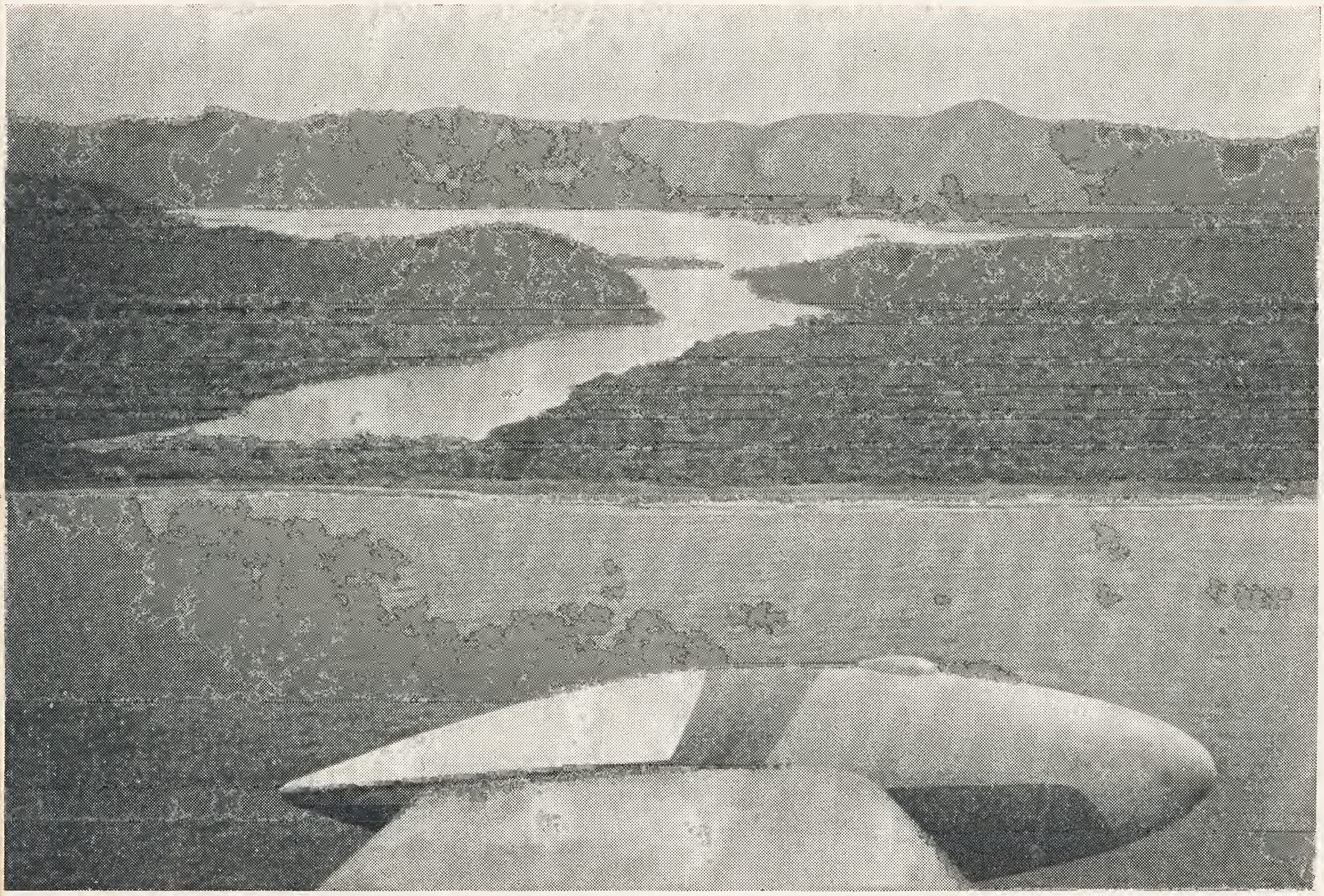
Tijdens de eerste onderdompeling van het eiland, na de genoemde plooiïng en opheffing, werden kalken en grinden over de oudere gesteenten afgezet. Van deze kalken en grinden is nu nog maar weinig over, voor de geoloog echter ruimschoots voldoende om er een opvallende conclusie uit te kunnen trekken.

In de grindafzettingen komen namelijk rolstenen voor van graniet en dergelijke. Nu is graniet een voor Bonaire volkomen vreemd gesteente, het komt nergens op het eiland als vast gesteente voor. De rivieren die dit grind gedeponeerd hebben op de plek waar nu Bonaire ligt, moeten dus toen gestroomd hebben door een landgebied, dat graniet-rolstenen kon leveren, en ergens in de omgeving van Bonaire lag. De verwantschap met Curaçao komt duidelijk uit, als we nog even denken aan de gesteenten van Midden-Curaçao. Ook hierin kwamen elementen voor, die afkomstig moeten zijn van een landgebied buiten het huidige Curaçao gelegen.

Iemand op Bonaire, die me enige van deze vreemde rolstenen liet zien, kon ik zonder aarzelen vertellen, dat hij ze had opgeraapt bij Soebi Blanco, een klein plekje op Bonaire, waar deze vreemde grindafzettingen voorkomen!

Na de eerste onderdompeling van het eiland, toen dus de vreemde grinden werden afgezet, begon direct de afbraak toen het eiland boven zee verrees.

Toen het eiland voor de tweede maal onder zee verdween, werden weer nieuwe gesteenten afgezet, zoals mergels en kalken. Ook van deze mergels en kalken is



Het Goto-meer in Noordwest-Bonaire. Het binnenwater is ontstaan, doordat de rijzende zeespiegel een beekstelsel deed verdrinken. Op de achtergrond de bergtoppen der oudste, vulkanische formaties. Links en rechts van het toegangskanaal kalksteen. Het toegangskanaal van het binnenwater is door een strandwal van koraalpuin afgesloten.

Foto: WOSUNA

weer slechts weinig bewaard gebleven, daar een lange periode van afbraak op de vorming volgde.

De derde onderdompelingsperiode was echter weer zeer belangrijk. De zee was toen namelijk zeer gunstig voor koraalgroei. De koraalgroei ging steeds door, rondom het oprijzende eiland en legde op deze manier een stevige kalkkap over alle voorgaande formaties heen.

Het boven zee-komen van het eiland vond met schokken plaats.

Na een rijzing ontstond eerst een klifkust, tegelijkertijd groeiden iets verder zeewaarts nieuwe koraalriffen omhoog op plekken waar het zonlicht tot de bodem kon doordringen. Uiteindelijk ontstond op deze wijze een horizontaal terras.

Indien men zich van Kralendijk langs de hoofdweg naar Rincon, het tweede stadje van het eiland, begeeft, dan passeert men verschillende van dergelijke opgeheven terrassen, onderling door vertikale kliffen gescheiden.

Het laatste stukje van de geologische geschiedenis van Bonaire heeft ook weer een

treffende overeenkomst met die van Curaçao en Aruba.

Bonaire heeft, geologisch kort geleden, een periode gehad, dat de zeespiegel ongeveer 20 m. lager lag, dan nu het geval is. Beekjes, die in het oudere gesteente al een wijd vertakt dalsysteem hadden verkregen, konden op één enkele plek de pas boven zee gekomen kalkrand doorbreken. Bij de hierop volgende zeespiegelrijzing van ongeveer 25 m. verdronken deze dalstelsels, waardoor binnenwateren ontstonden.

Slagbaai en Goto-meer zijn dergelijke binnenwateren; ze zijn door een vrij nauw kanaal, de vroegere loop van het beekje door de kalksteenrand, met de open zee verbonden.

Tenslotte daalde de zeespiegel 5 m., waardoor een uitgestrekt kalkterras rondom het eiland boven zee kwam. Dit laatste terras vormt nu het gehele Zuidoostelijke deel van Bonaire en geheel Klein-Bonaire.

De ingangen van de binnenwateren, die op Curaçao zulke prachtige natuurlijke havens vormen, zijn op Bonaire helaas afgesloten met wallen van dode koralen.

Enkele andere plekken van het zeer vlakke laagterras van Zuidoost-Bonaire liggen juist onder de zeespiegel. Vele van deze plekken zijn door een strandwal van dode koraalkolonies van de open zee afgesloten.

Dampt het uitgestrekte, ondiepe zeewater binnen de strandwal nu in, dan blijft een laag zout over. Dit zout wordt dan met harken en kruiwagens verzameld en vormde vroeger een der belangrijkste uitvoerproducten van Bonaire.

Deze wijde, zeer ondiepe zoutwater-plassen vormen een bij uitstek geschikte plaats voor de schuwe flamingo's om te broeden. Deze flamingo broedkolonie is de trots van het eiland.

Bonaire heeft eigenlijk geen haven. Recht tegenover Kralendijk, dat aan de lijzijde van Bonaire ligt, bevindt zich het eilandje Klein-Bonaire.

De zeediepte tussen Kralendijk en het zich op ongeveer 1½ km afstand bevindende Klein-Bonaire is vrij groot, ver over de honderd meter. Ook direct voor de kust bij Kralendijk loopt de onderzeese helling steil af naar de diepte. Hierdoor was het voldoende om een steiger in zee te bouwen om schepen met grotere diepgang te kunnen meren.

Voor een geoloog, die de opgeheven rifkalksteen bestudeert, is het natuurlijk ook erg nuttig, om de levende riffen rondom het eiland te bekijken. Tegenwoordig is dat met een duikbril, snorkel en zwemvinnen al erg gemakkelijk.

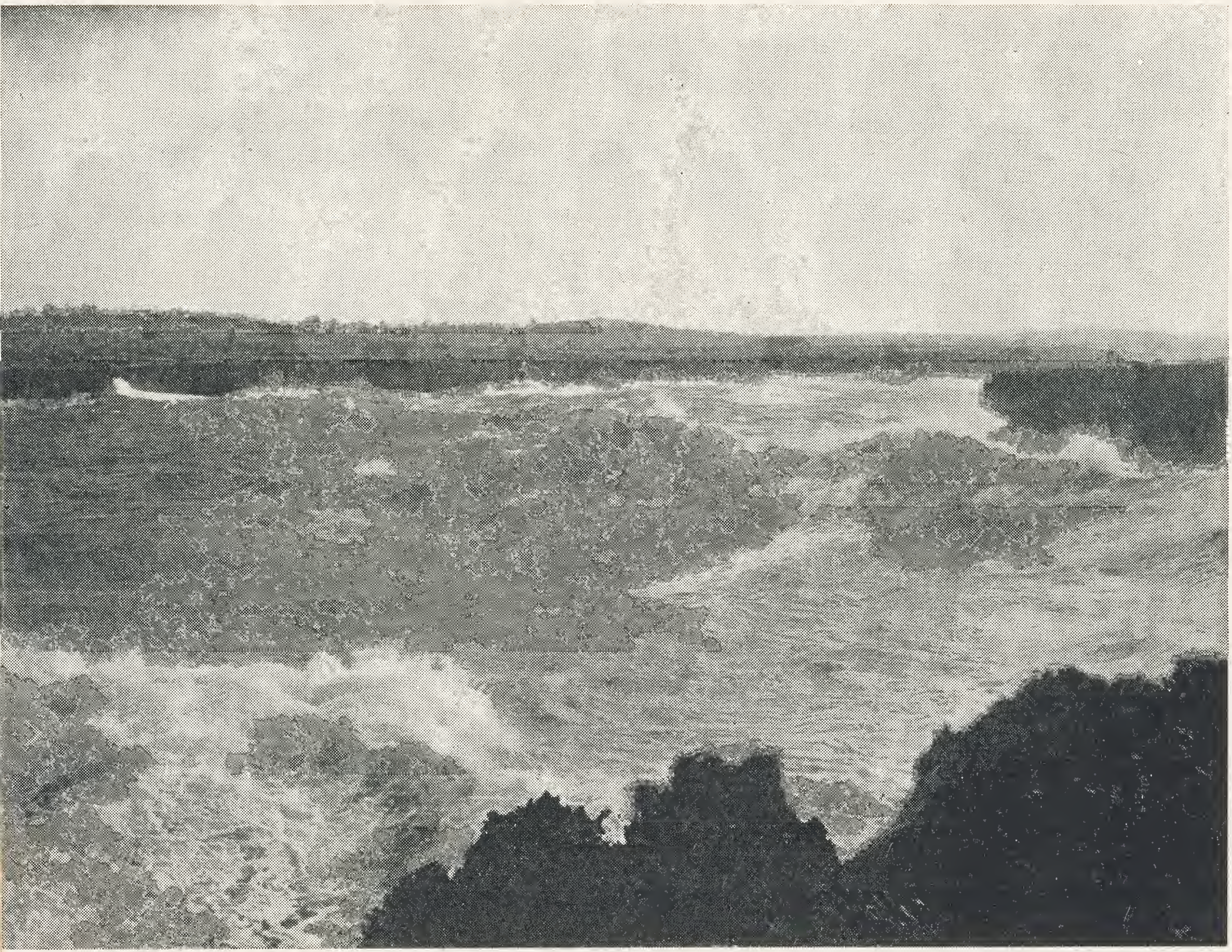
Voor meer verstokte landrotten is er de mogelijkheid om de levende koralen te bekijken vanuit een bootje met glazen bodem. Zo hebben wij, bij een van onze trips naar Klein-Bonaire, dan ook de gehele overtocht met onze neus plat op de bodem van het bootje gelegen! Op deze manier ontdekte men een aantal eeuwenoude kanonnen, afkomstig van een schip, dat destijds in de buurt van de zoutpannen moet zijn vergaan.

Nu denkt u natuurlijk: "wat heeft dit nu met geologie te maken".

Maar een geoloog is bijv. ook geïnteresseerd in de snelheid, waarmede koralen kunnen groeien. En als we nu het jaartal weten, waarop bijv. een schip verging, dan kunnen we aan de grootte van de koralen die er nu op groeien een schatting over de groeisnelheid maken.

Net als bij de andere Benedenwindse Eilanden vinden we rondom Bonaire practisch overal het uit rifkalksteen bestaande laagterras; meer in het binnenland liggen de oudere gesteenten. Op verschillende plaatsen vinden we opgeheven klifkusten, eveneens uit kalksteen bestaande. Als in deze opgeheven kliffen de oorspronkelijke brandingsnissen nog bewaard zijn gebleven, dan zijn deze nissen weer herhaaldelijk van rotstekeningen voorzien, door de Indianen, die er vroeger hebben gewoond.

Tijdens de laatste oprijzing boven zee van het eiland, heeft niet steeds een klifkust geheel Bonaire omgeven. Er zijn ook tijden geweest, dat er op Bonaire geweldige dui-



Lagoen, een inham van het 6 m. hoge laagterras aan de Oostzijde van Bonaire. De woeste branding tengevolge van de Oost-passaat heeft een steile klifkust gevormd. Rechts is duidelijk een oplossingsnis zichtbaar. In dergelijke nissen, die elders opgeheven voorkomen, heeft de oorspronkelijke Indiaanse bevolking fraaie rotstekeningen aangebracht.
Foto: WOSUNA

nen bestonden. Door de passaatwind werd het strandzand tot grote duinen opgestoven.

Dit zand bestond uit kalkkorrels, geheel anders dan de Hollandse duinen. Dit kalkzand gedraagt zich ook geheel anders daar het zeer snel kan verkitten tot een harde kalksteen. De "fossiele" duinen zijn dus nu voor ons bewaard als kalksteen!

Hiermede zijn wij dan aan het eind gekomen van ons kort geologisch reisverhaal over de Benedenwindse Eilanden. Het is goed om er nog eens op te wijzen, dat we de geologische geschiedenis van de ABC-Eilanden ook in een veel groter verband dienen te zien. Immers deze eilanden ontstonden tijdens een geweldige plooiïngsfase van de aardkorst, waarbij bijv. ook de Andes-ketens en de Rocky Mountains werden gevormd. Zo zijn de ABC-Eilanden dus een kleine schakel in de keten van wereld-omvattende gebergten.

19-6-'57

Seroes en rooien op de ABC-Eilanden

Wat zijn seroes en wat zijn rooien? Op de Benedenwindse Eilanden wordt elke berg of heuvel een seroe genoemd. Meestal zijn het toppen van geringe hoogte, maar die opvallen, doordat ze wat geïsoleerd in een vlakker en lager terrein staan. Als vergelijking zouden we bijvoorbeeld het Bloemendaalse Kopje en de Posbank op de Veluwe wat hun hoogte en vorm betreft zeker een seroe kunnen noemen!

Voor het begrip rooi is het iets moeilijker om een Nederlands aequivalent te vinden. Een rooi is een beekbedding, die slechts zelden water bevat. Immers de regenval op de ABC-Eilanden is zeer onregelmatig: het zijn meestal korte, vrij zeldzame, maar zware regenbuien. Bij zo'n regenbui veranderen de rooien in woeste beken, die het kostbare zoetwater direct naar zee afvoeren en na enkele uren al weer droog kunnen liggen. In Nederland zouden we alleen de regenbeken op de Veluwe, die het grootste deel van het jaar droog liggen, met een rooi kunnen vergelijken.

Hoe zijn nu deze seroes met de daartussen liggende rooi-stelsels ontstaan?

Om dit duidelijk te maken, moeten we beginnen met de nadruk er op te leggen, dat elk gesteente, waar ook op aarde, dat zich boven zeeniveau bevindt, bloot staat aan steeds voortdurende afbraak.

Oplossing en chemische verwering door regenwater en humus-zuren uit het plantenkleed, afschilfering door de sterke temperatuurwisselingen en mechanische krachten zijn voortdurend bezig om de gesteenten af te breken.

De regenbuien, die de rooien op de Benedenwindse eilanden in woeste beken doen veranderen, trachten op hun beurt weer het losgemaakte gesteente-gruis naar zee af te voeren. Onverschillig welk gesteente, steeds is dus de afbraak aan de gang.

Nu zegt u natuurlijk: dat rotsblok daar en daar, dat lag er in mijn kinderjaren ook al en die oude gebouwen staan er ook al duizend jaar of meer. Inderdaad, de afbraak gaat soms erg langzaam. Maar de natuur heeft de tijd. Eén miljoen jaar is in de geologische geschiedenis maar een kort tijdsbestek, voor de afbraak echter ruim voldoende om bijv. grote granietblokken tot zand en klei te doen uiteenvallen.

Natuurlijk verweert niet elk gesteente even snel. Een graniet zal bijv. langzamer verweren dan zachte vulkanische tuf, en hierdoor komt het, dat de hoogste toppen van de ABC-Eilanden zijn ontstaan. De omgevende, zachtere, gesteenten werden sneller afgebroken dan de hardere gesteenten, waaruit deze toppen bestaan.

Nemen we de Christoffelberg op Curaçao als voorbeeld. Wie deze berg beklommen heeft, weet dat deze bestaat uit een hard en scherp materiaal; een kiezelgesteente, door de geoloog radiolariet genoemd, omdat het microscopisch bekeken de resten van kleine diertjes, z.g. radiolariën bevat.

Nu zijn er verschillende soorten kiezelgesteente. Maar één ding hebben ze allen gemeen: ze verweren langzaam. Dit is ook duidelijk in Nederland te constateren. De rivieren, die zo'n groot aandeel hadden in de opbouw van ons land, brachten afbraakproducten over grote afstand hier naar toe. Toch konden ze de kiezelgesteenten moeilijk klein krijgen, en iedereen kent dit ma-

teriaal als zand en grint. Met enig zoeken kunt u in dit grint ook stukken radiolariet vinden: meestal zijn ze mooi rood gekleurd.

De omgevende gesteenten van de Christoffelberg op Curaçao behoren tot de z.g. diabaas. Nu wordt dit woord diabaas, eigenlijk onjuist, als verzamelnaam voor verschillende gesteentensoorten gebruikt. Het zijn namelijk verschillende z.g. uitvloeiingsgesteenten afgewisseld door lagen van vulkanische tuffen. Deze tuffen zijn ontstaan doordat vulkanen in de omgeving van het tegenwoordige Curaçao enorme hoeveelheden as hebben uitgeworpen. Deze asregens bezonken op de zeebodem en vormden tuflagen. Soms vloeiden ook direct op de zeebodem lava's uit, over en tussen de tuflagen.

Deze vulkanische gesteenten, de oudste van de Eilanden, verweren snel, en vormen in het algemeen de laagste delen van Curaçao en Bonaire. Overal in het diabaas-gebied zien we een golvend landschap. De hardere partijen in dit gebied met wisselende samenstelling hebben het wat beter uitgehouden in de strijd tegen de afbraak en steken als seroes omhoog. De rooien zochten de lagere gedeelten, dus in het algemeen de zachtere gesteenten op.

Soms is de verwering diep in de bodem voortgeschreden. Om dus een stukje van het oorspronkelijke, onverweerde, gesteente te vinden moeten we de top van een seroe beklimmen. En vaak dàn ligt om het gesteente een laagje roodgekleurd verweringsstof.

Als we dan toch op de top van zo'n seroe staan, dan is het nuttig om eens goed rondom te kijken. We kunnen dan soms constateren dat de rooien in de omgeving netjes evenwijdig lopen, om in de verte uit te komen in één rooi die daar loodrecht op staat. Dit komt, omdat de oudere gesteentepakketten scheef gesteld werden bij de plooiing en opheffing, die de geboorte van onze ABC-Eilanden vormden. De min of meer horizontaal afgesneden, scheefstaande pakketten bestaan afwisselend uit hardere en zachtere lagen. De rooien lopen netjes evenwijdig in de zachte lagen, om dan ergens via een dwars-rooi door het hele pakket heen te snijden.

Het is interessant om te weten, dat Nederland ook bijzonder rijk is aan gesteentesoorten, en zowel voor de geoloog als voor de amateur in dit opzicht een bijzondere plek is. Rivieren voerden over grote afstand de meest uiteenlopende gesteenten mee, daarnaast bracht het landijs nog een grote verscheidenheid aan vreemde gesteenten uit Scandinavië hier naar toe. Het is logisch, dat, door de snelle verwering, het in het algemeen vrij lastig is om hier in ons eigen land een diabaas of tuf te vinden. Door omzetting van de oorspronkelijke mineralen zijn ze hier in ons land vaak van groenige tint en fijn-korrelig. Bovendien zijn ze moeilijk te onderscheiden van allerlei andere gesteenten.

In enkele vorige hoofdstukken hebben we al besproken, hoe deze gesteenten niet alleen geplooid werden, maar bovendien nog nieuw materiaal in de geplooide pakketten binnendrong. Dit binnengedrongen magma nu stolde al diep in de aardkorst. Deze afkoeling van een vloeibaar-beweeglijk magma tot een vast en hard gesteente ging zeer langzaam. Sommige mineralen kristalliseerden eerder uit en bezonken in het vloeibare magma, andere mineralen kristalliseerden pas later uit, en wisten bovendien verder in de geplooide oudere gesteenten binnen te dringen. Tot de eerst gestolde gesteenten behoort dat van de Hooiberg op Aruba. Het is een prachtig, donkergekleurd gesteente, waarin we duidelijk de tot ong. 1 cm. grote, langzaam gegroeide kristallen kunnen zien zitten. Door zijn bijzondere structuur en samenstelling is het een over de gehele wereld weinig voorkomend, zeldzaam gesteente. Tot de latere stollingsproducten van het vloeibaar-beweeglijke magma behoort de dioriet van Aruba. Het lijkt uiterlijk veel op de in Nederland zo algemene graniet-stoep-randen, waarmee de dioriet ook verwant is. Dat de dioriet later gestold is dan het gesteente van de Hooiberg is vaak dui-



Een Seroe. *Foto:* J. BONKE

delijk te zien, bijv. aan de voet van de Hooiberg. Hier zien we namelijk hoe het jongere, licht-blauwig gekleurde diorietische materiaal langs spleten en breukjes is binnengedrongen in het toen reeds vastgeworden gesteente van de Hooiberg.

Tot de allerlaatste producten van het stollende magma behoren dan de kwartsgangen van Aruba en de enkele koper-ertsaders van Curaçao. Op Seroe Kristal, de naam zegt het reeds, kan men mooie, glasheldere, zeszijdige kwartskristallen van een dergelijke gang aantreffen.

Het binnendringen van het gloeiend-vloeibare magma had nog een ander gevolg: de oudere vulkanische lava's en tuffen, die op Curaçao en Bonaire onveranderd bleven, werden op Aruba door de hoge temperatuur en druk als het ware omgebakken tot harde, kristallijne gesteenten. Vele seroes op Aruba bestaan uit dergelijke omgekristalliseerde, z.g. metamorfe gesteenten. Dat we al deze gesteenten juist op Aruba vinden, is een gevolg van de hoge opheffing van dit eiland. De afbraak van het boven zee verrezen gedeelte ontblootte tenslotte deze op kilometers diepte al gestolde producten. Curaçao en Aruba werden minder sterk opgeheven, en daar vinden we maar op een heel enkele plek een gang van dioriet, waar dit gesteente, ver van de oorspronkelijke magmahaard, in een spleet omhoog is kunnen komen.

De ABC-Eilanden hebben een veelbewogen geologische historie achter de rug! Zo werden tijdens verschillende onderdompelingsperioden nog diverse gesteenten over de oudere heen afgezet. Om er een paar te noemen: conglomeraat, zandsteen, klei en kalk en mergels.

Een conglomeraat is een verkit grint, en dus makkelijk te herkennen. Ook zand en klei zijn in Nederland geen onbekenden! Kalk en mergel (een menggesteente van kalk en klei) zijn soms wat lastiger te her-

kennen. Daarom heeft de geoloog in het veld altijd een flesje met verdund zoutzuur bij de hand. Het opbruisen van de kalk als een druppeltje zoutzuur op het gesteente wordt gebracht maakt direct een onderscheid mogelijk.

Voor de verzamelaar van fossielen (versteende organismen) zijn kalken en mergels goede plaatsen om eens te gaan zoeken. Kalksteen en mergel zijn namelijk afgezet onder omstandigheden, waarbij de toevoer van grof materiaal als zand en grint onmogelijk was. Daardoor zijn de fossielen vaak goed bewaard gebleven. Als voorbeeld van een dergelijke fossiel-rijk kalksteen zou ik willen noemen: de omgeving van Butucoe op Aruba, Seroe di Cueba op Curaçao en de omgeving van Porta Spanje op Bonaire.

Soms bestaat de kalksteen geheel uit de resten van kleine eencellige diertjes, die miljoenen jaren geleden in zee leefden, en waarvan de kalkskeletjes op de zeebodem terecht kwamen.

Nu we toch over de Seroe di Cueba op Curaçao spreken is het goed om er eens op te wijzen hoe vlak of de bovenkant van deze berg is.

Nog twee andere seroes in de directe omgeving hebben een dergelijke volkomen vlakke bovenzijde.

Al deze vlakke toppen zijn ontstaan bij één bepaalde zeespiegelstand, en de latere insnijdingen door rooien hebben het oorspronkelijke vlak nu in drie gescheiden seroes verdeeld. Dus ook de werking van de zee heeft bijgedragen tot de vorming van de bergen zoals we die nu vinden.

Tenslotte zijn er nog seroes, die hun ontstaan aan een ander verschijnsel, dan alleen de afbraak, te danken hebben. Bij de laatste oprijzing van de eilanden boven zee groeiden namelijk langs de kusten koraalriffen. Op deze wijze ontstond een kalkkap over de oudere formaties heen.

Nu is de voornaamste wijze waarop deze kalken worden afgebroken de oplossing door regenwater. Maar deze oplossing gaat zeer langzaam, veel langzamer bijv. dan de afbraak van de oudere vulkanische gesteenten, waar deze rifkalken overheen liggen. Op deze wijze ontstonden seroes zoals Ronde Klip en Tafelberg Hieronymus op Curaçao. De langzame aantasting van de kalklaag op deze seroes beschermde de er onderliggende diabaas tegen de afbraak. Als we dergelijke seroes beklimmen, dan lopen we dus vanuit het vlakke en lage diabaaslandschap tegen een diabaashelling omhoog, om pas dicht bij de top de vrij dunne, ongeveer 12 m. dikke kalkkap te bereiken.

Op vele plaatsen kunnen we in de rifkalken nog duidelijk de koralen zien zitten. Toch zal men in de kalk van Ronde Klip en Tafelberg Hieronymus vergeefs naar koralen zoeken. Deze kalksteen is ontstaan door verkitting van kalkzand-duinen! Destijds heeft de branding koralen tot zand fijngemalen en dit zand is opgestoven tot duinen, die door regenwater tot kalksteen aaneengekit werden.

Dergelijke kalkzanden zijn hier in Nederland niet bekend, wat natuurlijk logisch is. Immers, het oorsprongsmateriaal, de rifgroei vóór de kust vinden we alleen in tropische omgeving.

Als slot nog een opmerking over de rooien. Op Aruba komen rooien voor, die door de goudhoudende kwartsgangen heensnijden. Nu vervoeren de regenbeken natuurlijk het lichtste materiaal het snelst, en als de stroomsterkte na de regenbui weer afneemt zal het zwaarste afbraakgruis het eerst bezinken. Daar nu goud een hoog soortelijk gewicht bezit, zal het dus mogelijk zijn om in de bedding van zo'n rooi een klompje goud te vinden. Zo lukte het enkele jaren geleden aan een klein jongetje om na een regenbui een klompje van enkele tientallen grammen in een rooi te vinden.

Maar de kans voor goudzoekers is gering! Als u naar buiten gaat, is het verkrijgen van een open oog voor de levende natuur, waaronder ook zeker onze aardkorst valt, een veel waardevoller vondst!

23-7-'57

Het Ministerie van Zaken Overzee geeft in de radiorubriek 'Rijksdelen Overzee' voorlichting over deze landen.

De onderwerpen van deze rubriek liggen op het terrein van Cultuur, Historie, Economie, Staatkunde, Sociale vraagstukken en Geografie.

De hieraan verbonden correspondentieclub 'De brievenbus gaat open' biedt aan de Nederlandse jeugd gelegenheid zelf in contact te treden met de jeugd in de Overzeese Rijksdelen.

Het correspondentie adres voor de rubriek is Postbus 115, Den Haag. Telefoonnummer 183861 (toestel 271)